

# 從認知處理觀點評論生成式 AI 對學習的影響

顏榮泉

國立臺北教育大學數學暨資訊教育學系副教授

## 一、前言

自從人類文明轉變成以位元型態透過科技無遠弗屆的快速傳播，知識積累的速度即邁入近似指數成長的發展樣態。人工智慧領域學者 Kurzweil（2005）闡述未來科技社會時指出：當知識創新的速度逼近指數曲線平行縱軸的臨界點，或是人工智慧發展至具備形式上的創作或創新知識的能力時，代表人類文明跨越數千年來的軌跡、邁向全新知識典範的科技奇點（The Singularity）就不遠了。

2022 年秋，美國人工智慧研究實驗室 OpenAI，推出了基於自然語言處理與深度學習技術之生成式人工智慧（Generative Artificial Intelligence，以下簡稱生成式 AI）聊天機器人-ChatGPT。短短數月，生成式 AI 高階的語言理解與幾乎無所不知的應答能力，不僅能自行生成新聞、小說、劇本等各種文案，也能針對科學、數學及各類程式語言千奇百怪的問題，提供可能不完全正確但令人滿意的答案。更令人驚嘆的是 ChatGPT 還能結合如 DALL-E、Midjourney 等第三方應用程式與外掛軟體，以自然語言對話的方式進行角色、頭像、簡報、繪本、動畫及影片等素材的生成創作。人工智慧不僅在數據分析及語音、影像的辨識領域持續快速精準進化，還能拓展文學及藝術領域的創作想像空間，同時也引發各級教師開始將生成式科技應用於教育現場的熱烈討論。

然而，AI 世代科技快速發展對人類教育與學習的影響，全然都是正面且令人雀躍的訊息嗎？學術界影響力著稱的嚴謹期刊，逐漸出現對於新科技影響使用者的認知記憶與創意發想提出不同觀點的質疑（Sparrow, Liu, & Wegner, 2011; Kahn & Martinez, 2020; Brucks & Levav, 2022）。其中如過度使用網路搜尋工具所引發的 Google 效應（Google Effect），似乎會讓學童因資訊取得容易而過度提升其自我效能，誤以為搜尋得到的資訊即為學習到的知識，不知愈容易搜尋取得的資訊，數位失憶（Digital Amnesia）發生的疑慮愈高（Dirin, Alamäki & Suomala, 2019）。而 ChatGPT 取代搜尋引擎成為學習的新寵，因其能以自然語言對話的方式，更直接的提供原本仍需學習者自行篩選決策後才能獲得的問題解答。然而，運用 AI 科技輔助教學與學習，究竟是有效提升學習效率與創意，還是反成濫用取巧鈍化思考的原罪？究竟是引導更深層的探究學習，還是引發記憶與練習是多餘的負面學習態度？這恐非謹慎使用與不要過度依賴的倡議之詞就能釐清。本文嘗試從認知處理的觀點，評論 AI 應用對學習的可能影響。

## 二、科技是否改變大腦認知學習的資訊處理模式

### (一) 短期記憶與長期記憶認知處理模型

Atkinson 與 Shiffrin (1968) 的短期記憶與長期記憶認知處理模型，描述學習者的感官記憶如何從感知外在環境的訊息，因注意而篩選部分訊息進入短期記憶中執行轉化，接著不斷地複誦維持訊息的強度、再經由練習與精熟學習的認知處理，將同化調適後的知識儲存到可能不易衰減的長期記憶中，以備未來面臨類似情境需要時，能檢索提取長期記憶中相關的知識與線索出來應用。這整個認知處理的架構與歷程，是後續人類認知學習與教學設計的重要理論基礎。

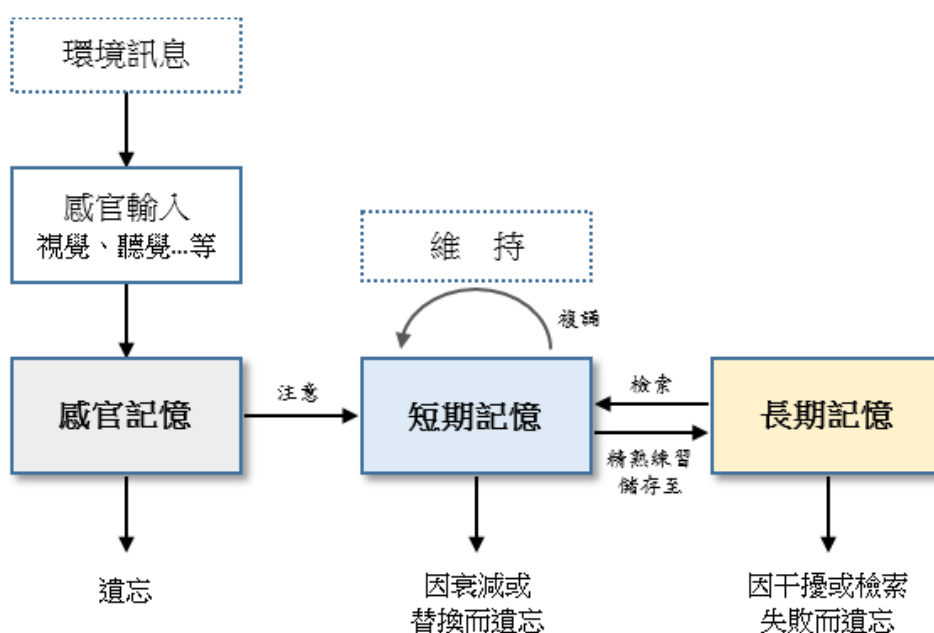


圖 1 Atkinson 與 Shiffrin 的短期記憶與長期記憶認知處理模型

資料來源：(Atkinson & Shiffrin, 1968)

在 Atkinson 與 Shiffrin 的長、短期記憶學習模型中，影響教學與學習成果的重要因素為：(1)教學引導能否成功吸引學習者的「注意」，幫助學習者從眾多的感官知覺中，篩選有利學習的訊息進入短期記憶中；(2)教學活動能否提供學習者持續與訊息內容的互動及反覆練習，以便將「精熟學習」後的知識儲存到長期記憶中；(3)學習者在學習過程中形成概念的「正確性」，是否存在誤解或迷思概念的情形；(4)學習者所學到的知識概念，是否適當的與長期記憶中的舊有知識「產生連結」，形成日後方便提取使用的關聯線索；(5)在問題情境中需要檢索相關知識作為問題解決的素材時，能成功從長期記憶體中「喚起」過去相關的經驗與知識；(6)短期記憶能成功從眾多訊息中篩選有助於解決問題的線索，經由教師的引導或同儕的互動，模仿、嘗試、假設與驗證而完成學習任務。

Atkinson 與 Shiffrin 的認知處理模型，雖能解釋個體在大腦中資訊處理的過程，但卻未清楚描述人與人間或人與環境間的知識互動與建構。於是從教學設計的理論發展來看，當人類發展邁入社會化的群體活動時，個體的認知學習歷程也因考量不同的環境變數而有偏向社會學習理論（Social Learning Theory）或社會建構主義（Social Constructivism）的不同典範轉移，如觀察及楷模學習、替代學習、近側發展區、鷹架學習、合作學習等（Bandura & Walters, 1977; Bruffee, 1999; Shabani, Khatib & Ebadi, 2010）。這些學習理論所衍生的教學方法及教學策略相當豐富，數十年來成為教育體系所遵行的方法與原則。然而本文的重心並非在回顧過去這些成熟教學設計的策略與方法，而是試圖聚焦於「科技應用」快速融入人類生活後，學習與教學的典範是否產生轉變。

## （二）搜尋引擎及交換記憶可能改變人類學習與記憶的關係

人類知識因傳播科技的發展，創新積累的量體愈來愈大、更新速度也愈來愈快。隨著知識的汰舊換新加速，生活中所需應用到的新知識與新能力，也愈來愈難在學校制度中完整養成。於是扮演資訊快速傳播的網路科技，轉型成替代個體篩選有用訊息的搜尋機制，似乎形成更錯綜複雜的科技輔助記憶模式。「凡事問 Google」與「凡事問臉書」代表的是網路世代問題解決的新樣態，逐漸從長期記憶的個人舊知識與舊經驗中釋放。前者代表的是問題解決的知識與線索，可從搜尋引擎的管道大部分取得；而後者則代表問題解決的方法（程序性知識），也有可能從社群媒體的互動中得到足夠的提示與啟發。科技應用發展至此，社群媒體所形成的知識體系脈絡，似乎比花力氣記憶到大腦長期記憶中的功能性高。於是，年輕學子對學校教育的學習不免產生疑惑，相對於從自媒體與社群所獲得的訊息來源，教科書出版品的學習素材為何總是相對僵固與不足？評估個人學習的績效為何仍是以背誦及記憶至大腦的知識為衡量標準？科技世代人類在新知識不斷創新的世界中漫遊，為何有意義的學習不是指當需要的時候，能快速且正確的從各種管道檢索取得所需的即時知識，從而解決問題的能力？

交換記憶（Transactive Memory）係指一種群體合作的記憶分享與解決問題方式的認知處理機制（Wegner, 1987）。由於新世代面臨的挑戰日趨複雜，個體愈來愈難僅憑一己之記憶與能力來解決生活中的各種問題。以研究者而言，早已習慣將所有聯絡人的電話交給手機通訊錄；即使是日常非常熟悉的路徑，開車時仍習慣用導航 App 規劃路線，以便處理接收車友回饋的突發訊息；處理計畫團隊的專案進度與代辦事項，必須登入團隊分享的 Notion 工作區，以便掌控最新進度與最新內容；查閱全系教學與公務的即時資訊，必須開啟全系教職員所共有分享的雲端硬碟，那裡存放著眾人共同編輯與整理的即時文件。生活中類似這種將部分記憶存放在外部儲存空間、需要時再經由分享協作取得所需資訊的交換記憶機制，早已隨著科技的發展成為人類生活中佔比愈來愈大的一部分。

透過交換記憶的機制，個體只需記憶「需要什麼資訊去哪裡找」即可，不僅能減輕個人的記憶負擔，更能提高團隊整體的記憶與運作效能。然而，這個交換記憶的認知處理歷程，與原有個體的認知處理有何差異？學者指出：交換記憶的形成過程仍類似個人的認知處理模式，同樣包括編碼、儲存和檢索等三個階段（Wegner, Giuliano & Hertel, 1985; Wegner, 1987）。在編碼階段，團隊成員藉由溝通互動瞭解彼此的專長，並進行明確的責任分工；儲存階段，資訊會依據專業分工的結果，自動儲存於相對應成員的記憶中；而在檢索階段，當團隊成員需要某領域資訊協助其解決問題時，只需知道該資訊存放在哪個交換記憶中，如何檢索取得即可，並不需要將這麼多的資訊量全部記憶到個體的長期記憶中。

從科技如何影響學習的角度思辨之，搜尋引擎與交換記憶的科技演進，似乎逐漸淡化個人認知歷程中記憶與儲存的重要性，而將學習重點聚焦在高層次的思考、提取與應用，而 ChatGPT 似乎更深化了這種轉變。生成式 AI 的誕生像是團隊中出現了一位無所不知的「萬事通博士 (Dr. Know)」，原本的分工編碼與儲存，被機器學習與大量的訓練語料庫所取代，而學習的重心被引導至如何給予 AI 明確的任務、情境、意圖、角色、句型與回饋等「提示詞」，就能有效率的取得接近正確答案的回應。然而，真實生活的知識應用並非單純的記憶提取而已，高層次的應用轉化、假設驗證、反思調適與複雜的問題解決，生成式 AI 同樣能取代人類的認知學習而發展出面對各種情境與價值取捨的判斷能力？

研究者假設：原始的認知處理模型中，人類學習的目的在將知識記憶至長期記憶區中，以便遇到問題時能提取出來解決問題。而生成式 AI 正在逐步建構的新典範則是透過機器學習建立一個在個體記憶之外，能 24 小時隨時待命檢索的大型交換記憶（而且還在持續成長精進中），或許有朝一日真能讓學習者節省反覆的練習與複誦的時間，克服記憶可能衰減、遺忘或彼此干擾的問題，只需專注在學習如何運用這個科技輔助記憶，就能獲得基礎教育階段多數教學目標所要傳授的記憶性知識，而學習的重心將更聚焦在高階的思考辯證與問題解決能力的養成。據此，從基礎教育師資培育者的思辨觀之，當生成式 AI 的知識提取人人垂手可得，基層教育的教學將面臨什麼樣的挑戰？當教學現場全面使用生成式 AI 時，對學習又可能產生什麼樣的影響？

### 三、生成式 AI 對學習的可能影響

Prensky (2005) 將誕生於數位科技應用已相當普及的世代稱之為「數位原住民 (Digital Natives)」，以便區隔成年後才學習使用數位科技的數位移民。研究者曾實際參與全國中小學教師科技領域的共備會議活動，發現自從 ChatGPT 誕生之後，已有相當多熱血的基層教師將生成式 AI 導入教學現場中，而主管教育科技的官方行政單位，也迫不及待地以政策引導來推動各式 AI 教學的應用。於是，

隨著將生成式 AI 應用於繪圖、語言學習、作文、簡報等各個領域學習的教案設計愈來愈豐富，在基礎教育階段就開始使用新科技進行學習的「AI 原住民 (AI Natives)」世代也隱然形成。本文在探討科技世代人類學習與認知處理模式的可能轉變後，嘗試以這種轉變作為教學實踐者的自我省思，評述生成式 AI 對學習潛在影響的個人淺見。

### (一) 對學習的潛在正面影響

#### 1. 長短期記憶與交換記憶的雙軌學習模式

人工智慧的發展除非突破腦機介面 (Brain-Computer Interface) 的限制，能讓外部記憶與腦神經進行整合式的認知處理，否則現階段人類學習與記憶的運作模式，仍將以大腦長短期記憶與科技輔助型態之交換記憶雙軌並行處理為主。然隨著具備生成式 AI 機制的數位平台、工具、軟體愈來愈普及，中小學學生也慢慢習慣將外部運作的交換記憶融入個人的學習模式中，科技应用能力會因此而逐漸成為學習的基本素養，AIPC 與 AI 行動載具或許將成為未來學習的標準配備。目前全國各縣市積極發展的智慧學習、酷課雲、親師生平台、科技輔助適性與自主學習等，事實上皆可視為雙軌運作的外部輔助交換記憶系統。未來，當基層教育導入 AI 資源的學習成效與創新應用愈來愈普及，傳統講述式的教學內容與強調標準答案的記憶式評量，勢必接受嚴肅的挑戰。而科技探究、運算思維、問題解決等強調高階思考能力的科學過程技能 (Science Process Skill)，則可能成為 AI 世代基礎素養教育所重視的核心能力。

#### 2. 自然語言互動的專屬個人化學習助理

學校制度起源於教育普及與工業時代快速人力養成的需求，由於過度注重社會化與標準化，有時難免會刻意忽視學習者個別的興趣與熱情 (Robinson & Aronica, 2009)。受限於生師比，學校教師並無法隨時對每位學生的疑惑提供個別化的指導，也很難依據個別的學習需求調整全班的教學內容與進度。從學習者的角度來看，即時滿足與解答學習者在歷程中所產生的疑問，才是最佳的教學成效。生成式 AI 具備自然語言的對話機制，透過簡易的提示語教學，教師能將 ChatGPT 轉換成課堂中提供個別化回饋的差異化教學助理，再透過引導學生對 AI 答案保有存疑的態度與驗證其正確性的教學，生成式 AI 提供適性學習的潛藏效益令人期待 (Wu & Tsai, 2022)。研究者曾觀摩運用生成式 AI 輔助學科教學的公開授課，親身觀察國小五年級學生與 AI 互動時的專注與熱情，當學生發現 AI 真的有問必答且能即時回應他的疑惑時，那種興奮與追根究底的態度，像是打開了某種學習的枷鎖，令人動容。

### 3. 融入 AI 機制的學習夥伴與數位雙生

科技在輔助學習上除了扮演工具性的角色外，還可能扮演引導探究、諮商輔導、學習夥伴 (Learning Companion)、數位學伴 (Digital Companions for Learning) 等不同面向的角色 (Chou, Chan & Lin, 2003; Guan, Mou & Jiang, 2020)。從社會學習的理念觀之，學習者在學習過程中觀察與模仿的對象，不僅僅來自於教師的專家楷模學習 (Expert Modeling)，更多可能來自於學習夥伴所產生的同儕楷模 (Peer Modeling) 效應。生成式 AI 跨越過去二十年來智慧型教學系統 (Intelligent Tutoring System, ITS) 的發展瓶頸，已能初步建構學習者專屬的智慧型虛擬導師、學習同伴或數位助理等豐富的 AI 輔助學習原型。若再加上虛擬科技日趨成熟的發展，未來結合虛實混合實境的技術，創造類似學習分身的數位雙生 (Digital Twin) 系統並非遙不可及。或許在不久的將來，行動載具搭載能隨時提取生成式 AI 回應訊息的個人智慧型虛擬助理，將取代生有平板成為新的政策亮點！

### 4. 跨語言與跨領域的資源豐富性與可及性

語言是認知發展的基礎，是思維辯證的表達形式，同時也是跨文化學習的隔閡與橋樑 (Piaget, 2005)。受限於語言及文化的隔閡，人類知識的傳播有相當長的歷史，仍須透過翻譯來獲取跨文化的知識內容。ChatGPT 以其自然語言的檢索方式及龐大訓練語料庫的機器學習，能夠簡便的提供跨語言與跨領域的豐富資源，也能夠輕易針對不同語言進行各種文本格式的轉換，提供跨領域學習的對話與整合應用，這無疑解鎖多數因語言的隔閡所形成的學習障礙，讓學習聚焦在內容的理解思辨而非拘泥於文字的表像意義。此外，再加上生成式的繪圖、影像、文案等創意發想的加乘效果與應用，AI 跨越語言及領域知識的探索邊界，讓學習者的視野從學校教育的軟硬體限制中釋放，其深遠的影響難以評估。然值得注意的是，目前生成式 AI 的應用有收費版本的差異與限制，所幸基礎教育的知識檢索與應用的可及性 (Accessibility) 仍容易取得，未來在教學上的應用熱潮持續延燒，是否產生因 AI 可及性所造成的數位落差是需特別重視的議題。

## (二) 對學習的潛在負面影響

### 1. 過度依賴的負面學習態度

Google 效應係指學習者對前述科技輔助交換記憶所取得的訊息，往往具體內容是什麼很模糊，但卻較能記憶訊息存放的位置與檢索方法 (Sparrow, Liu, & Wegner, 2011)。進一步的研究發現：愈依賴從搜尋引擎或其它科技輔助管道取得訊息的學習者，對個人認知學習能力評價的自我效能愈高，但不一定能反應在其學習成就上 (Ward, 2021)，亦即過度依賴 AI 容易讓學習者對自己的學習成效產生誤判的自信。因此，生成式 AI 的教學設計若僅強調科技在檢索取得解答的便

利性，可能反讓學習者認為學習過程太輕鬆而降低投入心力的努力程度。應用 AI 的教學若僅偏重如何修飾提示語以獲得精確的答案或完美的圖片生成，則當科技的新奇性與趣味性消退後，學習者能否對學習目標的內容產生有意義的學習仍有疑慮。研究者建議運用 AI 的教學，必須理解學習的認知處理歷程具備內部長短期記憶與外部交換記憶的雙軌機制，學習的重心並非單純的知識提取與成果生成，而是熟悉如何運用科技工具進行轉化與驗證，進而完成連結或重構學習者問題解決的知識體系。教師必須釐清教學設計中學習任務的目的與運用 AI 的必要性，思考如何促進學習者內在認知處理與外部交換記憶的統整能力，並避免過度依賴 AI 引發的負面動機、錯誤自信與消極態度。

## 2. 高層次思考能力的弱化

生成式 AI 透過對話提供大量易於取得學習任務解答的資訊，這可能對想藉由作業或專題來提升學習者發展問題解決與高層次思考能力的教學設計落空。從認知處理的歷程來看，人類問題解決與高階思考能力的發展，是從不斷的嘗試錯誤與實作練習中逐漸積累而來。過度依賴 AI 工具快速提供解答的使用方式，可能反成阻礙學習者發展高階思考能力的原因。因此，運用生成式 AI 的提問詞教學不應成為 AI 教學的內容主軸，如何運用科技工具與方法解決日常生活複雜問題的科技思維才是重點。研究者認為未來生成式 AI 的自然語言對話機制，必然導入個別化使用習慣與偏好的對話意圖（**Dialogue Intent**）優化演算法機制，現階段的提示語教學需求在新的版本可能不復存在。但如何在雙軌記憶並行運作的認知處理過程中，促進學習者的批判思維、溝通技巧、團隊合作、創造力與問題解決能力等 5C 能力，應該會成為 AI 世代更重要的教學設計核心。

## 3. 誤信提取資訊的正確性

生成式 AI 的運作邏輯是依據提問的內容，從機器學習的訓練資料庫中逐字逐句的透過機率運算串接出回應的內容。藉由 ChatGPT 生成創意性的文案、圖片或作品，若產出成果強調的是創意則不會有內容正確性的問題；但若提問生成的是有明確答案的知識內容時，ChatGPT 發生張冠李戴的謬誤則無法避免。舉例而言，研究者要求針對特定關鍵詞提供相關參考文獻，ChatGPT 的運算會依機率組合學者姓名、文章篇名及出版刊物等訊息，提供乍看似乎合理的文獻資源，然當進一步查核時就會發現多數文獻皆是虛構不存在的。此外，由於原始機器學習的訓練資料可能存在篩選上的偏差或是冷門領域的語料不足，生成式 AI 也被證實可能存在種族及性別上的偏見問題（Zou & Schiebinger, 2018）。因此，導入生成式 AI 的教學設計，教師必須理解 AI 的局限性與可能發生的謬誤，教學活動必須建立學習者對 AI 提供的知識內容抱持質疑的態度，並培養查核求證的使用方法與習慣，以避免誤信 AI 所提供的錯誤訊息。

#### 4. 降低團隊合作與同儕楷模的機會

ChatGPT 具備跨越領域及語言限制的知識檢索能力，相當適合做為差異化教學設計時，提供個別化與適性化的輔助學習工具。研究者從實際蒐集的各類生成式 AI 教學設計中發現：或許是強調科技輔助學習的功能，生成式 AI 的教學設計型態多數較偏向 AI 工具的使用，而較少從教學活動設計中運用 AI 來促進團隊參與及合作共創的機會。而在 AI 的實際觀摩教學中，研究者也發現不少學習者傾向比較喜歡與 AI 問答互動，而非與課堂上的教師互動。因此，研究者歸納融入生成式 AI 的教學，透過科技輔助提供適性互動的對話機制，應能有效降低學習者向老師發問的焦慮，提高學習的參與及投入程度，但過度使用 AI 則有可能導致降低與教師及同儕真實互動的疑慮。建議教師設計課堂學習任務時，思考如何平衡個別學習機會與團隊合作共創的比例，除能發揮前述楷模學習的成效，又能促進學習者內在認知與外在交換記憶雙軌的統整運作。

#### 四、結語

時值 OpenAI 的生成技術再進化，已能透過文字的描述生成角色及場景均相當細膩逼真的短影片，這勢必又引發社會大眾與各領域的應用熱潮。然而，生成式 AI 也面臨愈來愈多機器學習訓練資料的版權訴訟，包含紐約時報的時事新聞、著名書籍作者及圖片影音藝術家等不同媒體形式著作權的集體法律告訴，雖然世界各國 AI 法律條文的修法進度完全跟不上 AI 應用擴散的腳步，但從教育現場的教學活動來看，教什麼、如何教與如何避免誤用、濫用，卻是教學設計者責無旁貸的責任。

邁入 AI 新紀元，世界各國競相在基礎教育上投注更多的 AI 資源與政策引導，使得融入 AI 內容與方法的課程與教學設計將成為教育改革的創新潮流。本文以從事基礎教育師資培育的工作者角度，從巨觀的認知處理觀點評論生成式 AI 對學習的可能影響，並反思基礎教育的教學設計與內容應如何轉換，以因應新世代 AI 原民的學習需求。僅以野人獻曝的心情，期盼各方賢達不吝指正。

#### 參考文獻

- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. In *Psychology of learning and motivation* (Vol. 2, pp. 89-195). Academic press.
- Bandura, A., & Walters, R. H. (1977). *Social learning theory*. Prentice Hall: Englewood cliffs.



- Brucks, M. S., & Levav, J. (2022). Virtual communication curbs creative idea generation. *Nature*, 605(7908), 108-112.
- Bruffee, K. A. (1999). *Collaborative learning*. Johns Hopkins University Press.
- Chou, C. Y., Chan, T. W., & Lin, C. J. (2003). Redefining the learning companion: the past, present, and future of educational agents. *Computers & Education*, 40(3), 255-269.
- Dirin, A., Alamäki, A., & Suomala, J. (2019). Digital amnesia and personal dependency in smart devices: A challenge for AI. Proceedings of Fake Intelligence Online Summit 2019.
- Guan, C., Mou, J., & Jiang, Z. (2020). Artificial intelligence innovation in education: A twenty-year data-driven historical analysis. *International Journal of Innovation Studies*, 4(4), 134-147.
- Kahn, A. S., & Martinez, T. M. (2020). Text and You Might Miss It? Snap and You Might Remember? Exploring “Google Effects on Memory” and Cognitive Self-Esteem in the Context of Snapchat and Text Messaging. *Computers in Human Behavior*, 104, 106166. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.106166>
- Kurzweil, R. (2005). *The Singularity Is Near*. New York: Viking.
- Piaget, J. (2005). *Language and Thought of the Child: Selected Works* (Vol. 5). Routledge.
- Prensky, M. (2005). Digital natives, digital immigrants. *Gifted*, (135), 29-31.
- Robinson, K., & Aronica, L. (2009). *The element: How finding your passion changes everything*. Penguin.
- Shabani, K., Khatib, M., & Ebadi, S. (2010). Vygotsky's zone of proximal development: Instructional implications and teachers' professional development. *English language teaching*, 3(4), 237-248.

- Sparrow, B., Liu, J., & Wegner, D. M. (2011). Google effects on memory: Cognitive consequences of having information at our fingertips. *Science*, 333(6043), 776-778.
- Ward, A. F. (2021). People mistake the internet's knowledge for their own. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(43), e2105061118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2105061118>
- Wegner, D. M. (1987). Transactive memory: A contemporary analysis of the group mind. In *Theories of group behavior* (pp. 185-208). New York, NY: Springer New York.
- Wegner, D. M., Giuliano, T., & Hertel, P. T. (1985). Cognitive interdependence in close relationships. In W. J. Ickes (Ed.), *Compatible and incompatible relationships* (pp. 253-276). Springer, New York, NY.
- Wu, J. Y., & Tsai, C. C. (2022). Harnessing the power of promising technologies to transform science education: prospects and challenges to promote adaptive epistemic beliefs in science learning. *International Journal of Science Education*, 44(2), 346-353.
- Zou, J. & Schiebinger, L. (2018). AI can be sexist and racist - it's time to make it fair. *Nature*, 559, 324-326.

